Journal of Horticultural Science
https:// jhs.um.ac.ir

Research Article
Vol. 36, No. 1, Spring 2022, p. 163-175

Effect of Gibberellic Acid and Putrescine on Growth, Flowering and Vase Life of Lily Cut Flower ('Lesotho')

M. Hojjatipour[1], M. Hassanpour Asil[2*]

Received: 17-03-2021 Revised: 19-05-2021 Accepted: 28-08-2021 Available Online: 20-06-2022	**How to cite this article:** Hojjatipour M., and Hassanpour Asil M. 2022. Effect of Gibberellic Acid and Putrescine on Growth, Flowering and Vase Life of Lily Cut Flower ('Lesotho'). Journal of Horticultural Science, 36(1): 163-175. (In Persian with English abstract) **DOI:** 10.22067/JHS.2021.69012.1025

Introduction

Lilium flower is a perennial herbaceous flowering plant, belonging to the Liliaceae family. Position of lilies as the fourth best-seller cut flower in the world, as well as the increasing trend of demand for this flower in the global market, indicates the importance of improving the quality and solving the sustainability issues of this flower. Gibberellins are one of the most important endogenous plant hormones involved in controlling plant dormancy. Gibberellin is a plant growth regulator that stimulates physiological responses in plants by affecting photosynthesis. Polyamines, including putrescine, spermidine, and spermine, are a group of plant growth regulators that have effects such as increasing cell division, biosynthesis of enzymes, regulating various developmental stages such as differentiation.

Materials and Methods

This study was performed to investigate the effect of gibberellic acid and putrescine on growth, flowering and vase life of Lilium cut flowers. Experiment was performed as factorial based on completely randomized design, included 16 treatments with 3 replications and 2 pots in each replication. The culture medium containing mold leaf soil, sand and perlite (1:1:1) and was prepared by disinfection with fungicide. The first treatment consisted of concentrations of 150, 300 and 450 mg/L gibberellic acid and onions were pre-treated by immersing for 24 hours. The second treatment consisted of concentrations of 0.5, 1 and 2 mM putrescine which was sprayed at the beginning of budding and continued every two weeks until the first bud flower coloring. Growth period conditions in green house were controlled. In this study, different parameters such as bud number, flowering stem length, fresh weight of cut flowers, relative fresh weight of cut flowers, water uptake of cut flowers, vase life, leaf chlorophylls a, b and total, petal carotenoid, percentage of petal cell membrane stability and total soluble solids of petals were examined.

Results and Discussion

The results showed that the application of gibberellic acid and putrescine improved the number of buds and increased cell membrane stability. Actually, gibberellic acid preserves the cell membrane by preventing the breakdown of proteins and increasing the pH, thus increasing the vase life. Also Putrescine protects cell membranes by removing free radicals. It is also known that gibberellic acid used at all levels in the experiment increased the height of the flower stem due to its role in cell division and elongation. Study of the flower stem water content and cut flower fresh weight, which are factors for longer vase life, showed that gibberellic acid increases the plant's ability to absorb water and increases these two traits. So that the highest cut flower fresh weight with 13 g difference compared to the control level belonged to the treatment level of 450 mg/L gibberellic acid. Also putrescine reduces plant water loss by increasing membrane permeability to calcium and

1- M.Sc Student in Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran
2- Professor, Department of Horticultural Sciences, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran
(*- Corresponding Author Email: hassanpurm@guilan.ac.ir)

increases the flower stem water content and cut flower fresh weight, which increases vase life. Also, gibberellic acid by creating water potential in the cell and putrescine by strengthening water relations and preventing blockage of water vessels increased the relative water uptake of cut flower. Thus, the greatest effect was observed on the third day post-harvest and the highest amount (2.47 ml. g^{-1} FW) on the third day belonged to the highest level of both treatments. Results also showed that all the levels of putrescine increased TSS due to its effect on the synthesis of sugars and carbohydrates in compared to control. The results showed that application of gibberellic acid and putrescine respectively at 300 mg/L and 2 mM, significantly increased the vase life compared to the control. The best vase life (15 days) occurred at 300 mg/L gibberellic acid and 2 mM putrescine. Although gibberellic acid increased growth and flowering of Lilium, but putrescine effectiveness on vase life of cut flower was more evident. The highest amount of leaf total chlorophyll (0.514 mg. g^{-1} FW) belonged to the treatment of 450 mg/L gibberellic acid and 2 mM putrescine and the lowest amount of leaf total chlorophyll (0.085 mg. g^{-1} FW) belonged to both treatments were at the control level. Also, in the study of petal carotenoid content, the highest amount belonged to the treatment of 450 mg/L gibberellic acid and 2 mM putrescine.

Conclusion

According to the results obtained from the present research, it can be concluded that use of gibberellic acid and putrescine had great effects on most of traits in compared to control treatment. The use of putrescine and gibberellic acid improves the flowering and vase life conditions by increasing water uptake and consequently increasing the relative fresh weight.

Keywords: Carotenoids, Cell membrane stability, Chlorophyll, Polyamine, Total soluble solids

نشریه علوم باغبانی
https:// jhs.um.ac.ir

مقاله پژوهشی
جلد ۳۶، شماره ۱، بهار ۱۴۰۱، ص ۱۷۵-۱۶۳

تأثیر اسید جیبرلیک و پوترسین بر رشد، گلدهی و عمر گلجای گل شاخه بریده سوسن رقم 'Lesotho'

مریم حجتی پور[1]- معظم حسن‌پور اصیل[2]*

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۱۲/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۶/۰۶

چکیده

سوسن گیاهی دایمی با سوخ‌های فلسی بدون پوشش است که متعلق به خانواده Liliaceae می‌باشد. معطر و بزرگ بودن گل‌ها از مشخصه‌های اصلی این خانواده است. جایگاه سوسن به عنوان چهارمین گل شاخه بریده پرفروش در بازار جهانی و همچنین سیر صعودی تقاضا برای این گل در جهان، حاکی از اهمیت بهبود کیفیت و افزایش ماندگاری این گل است. این مطالعه به منظور بررسی تأثیر جیبرلیک اسید و پوترسین بر رشد، گلدهی و ماندگاری گل‌های شاخه بریدنی سوسن به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی اجرا شد. پیاز سوسن Oriental×Trumpet رقم 'Lesotho' از شرکت Onings Holland تهیه شد. فاکتورهای مورد آزمایش شامل اسید جیبرلیک در ۴ سطح صفر (شاهد)، ۱۵۰، ۳۰۰ و ۴۵۰ میلی‌گرم در لیتر به صورت غوطه‌وری پیازها قبل از کشت و پوترسین در ۴ سطح صفر (شاهد)، ۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌مولار به صورت محلول پاشی در مرحله غنچه‌دهی انجام شد. آزمایش در شرایط گلخانه و محیط کشت حاوی خاکبرگ پوسیده، ماسه و پرلیت به نسبت مساوی (۱:۱:۱) در نظر گرفته شد. در این پژوهش شاخص‌های تعداد غنچه، طول ساقه گلدهنده، وزن‌تر گل شاخه بریده، وزن‌تر نسبی گل شاخه بریده، میزان جذب آب گل شاخه بریده، محتوای آبی ساقه گلدهنده، عمر گلجای، کلروفیل‌های a، b و کل برگ، کاروتنوئید گلبرگ، درصد پایداری غشاء سلولی گلبرگ و میزان کل مواد جامد محلول گلبرگ مورد بررسی قرار گرفت. نتایج حاصل نشان داد که استفاده از اسید جیبرلیک باعث افزایش ۷ سانتی‌متری ارتفاع گیاه نسبت به شاهد شد، همچنین اسید جیبرلیک و پوترسین به صورت توأم باعث بهبود صفات تعداد غنچه، پایداری غشاء سلولی از ۶۹/۷۳ به ۷۵/۷۱ درصد، افزایش کیفیت و عمر گلجای از ۹روز به ۱۱ روز گردید به طوری که بیشترین وزن تر نسبی گل شاخه بریده و میزان جذب آب توسط گل شاخه بریده در غلظت ۲ میلی‌مولار پوترسین به ترتیب به میزان ۱۰۰/۵۸ درصد و ۲/۴۷ میلی‌لیتر بر گرم وزن‌تر اتفاق افتاد. همچنین نتایج نشان‌دهنده اثر مثبت هر دو تیمار بر میزان رنگدانه‌های برگ و گلبرگ بود به گونه‌ای که کلروفیل کل ۰/۲۰ و در کاروتنوئید ۰/۰۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر نمونه افزایش نسبت به شاهد اتفاق افتاد. به طور کلی نتایج حاصل بیانگر تاثیر معنی‌دار اسید جیبرلیک و پوترسین بر بیشتر صفات اندازه‌گیری شده بود.

واژه‌های کلیدی: پایداری غشاء سلولی، پلی‌آمین، کاروتنوئید، کلروفیل، مواد جامد محلول

مقدمه

گل سوسن (*Lilium* sp.) گیاهی علفی پایا، گلدهنده و متعلق به خانواده لیلیاسه (Liliaceae) است و گل‌های بزرگ و معطر با تنوع رنگ بسیار زیاد از ویژگی‌های این خانواده می‌باشد (Abd-Allah *et al.*, 2013). در بین گیاهان ژئوفیت، گل سوسن دارای زیبایی منحصر به فرد و دارای گل‌های گران‌بهاست که به صورت شاخه بریدنی و یا گلدانی پرورش می‌یابد (Mohammadi Torkashvand *et al.*, 2018). با توجه به جایگاه سوسن در میان گل‌های شاخه بریدنی به عنوان رتبه چهارم فروش در جهان و همچنین سیر افزایشی تقاضای این گل در بازارهای جهانی، اهمیت به اعتبار اقتصادی پرورش این گل امری گریزناپذیر می‌باشد (Flora Holland, 2020). اهمیت این جنس در بازار جهانی گل، به علت وجود هیبریدهای متنوع و ارقام بی‌شمار تجاری است و همچنین بعضی از گونه‌ها به خاطر ارزش دارویی و غذایی شناخته شده‌اند که به اهمیت اقتصادی

[1]- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم باغبانی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران
[2]- استاد، گروه علوم باغبانی، دانشکده علوم کشاورزی، دانشگاه گیلان، رشت، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: hassanpurm@guilan.ac.ir)
DOI: 10.22067/JHS.2021.69012.1025

این جنس می‌افزاید (Nabavi Mohajer *et al.*, 2018). رنگیزه کاروتنوئیدی بتا کاروتن، کپسانتین، کریپتوگزانتین، کپسوربین، زآگزانتین و کاروتنوئیدهای شبه echinenone در این گیاه وجود دارند (Banba, 1968). کاروتنوئیدها علاوه بر اهمیت ظاهری در بازار پسندی گل‌ها سه نقش عمده را برعهده دارند: اول اینکه نور در طول موج ۴۵۵ تا ۵۰۰ نانومتر را جا به جا کرده و به کلروفیل a انتقال می‌دهد، نقش دوم کارتنوئیدها این است که با دفع رادیکال‌های آزادی که به طور طبیعی طی فتوسنتز تولید می‌شوند، از دستگاه فتوسنتزی حفاظت می‌کنند و نقش سوم آن‌ها حفاظت فتوسیستم I، ثبات پروتئین‌های دریافت کننده نور و ثبات غشای تیلاکوئید است (Gill and Tuteja, 2010; Akbarian *et al.*, 2012;). از صنایع پر سود کشاورزی در جهان کشت و کار گیاهان زینتی می‌باشد و از همین رو پیشرفت تولید و تجارت گیاهان زینتی را در سال‌های اخیر در سطح گسترده در جهان شاهد هستیم (Benschop *et al.*, 2010). یکی از موانع بزرگ برای صادرات گل سوسن مربوط به کیفیت گل‌ها به خصوص در زمان پس از برداشت می‌باشد. بنابراین مهار موانع در این امر بسیار مهم تلقی می‌شود (Santos *et al.*, 2018).

دخالت هورمون‌ها در تنظیم متابولیسم گیاه بسیار پیچیده است. بسیاری از آنزیم‌ها تقریبا تمام جنبه‌های متابولیسم گیاه را در پاسخ به محرک های هورمونی با کاهش یا افزایش سطح فعالیت خود پوشش می دهند. استفاده از مواد تنظیم کننده رشد گیاهی در کشاورزی نقش عمده‌ای درتنظیم بسیاری از فرایندهای فیزیولوژیکی گیاه دارد و امروزه استفاده تجاری از این مواد در کشاورزی مدرن، بویژه در باغبانی، فراگیر شده است (Esna-ashari and Zokaee khosroshahi, 2008). استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی مخصوص گلدهی در مقایسه با سایر محصولات رایج‌تر است (Yamaguchi, 2008).

پلی‌آمین‌ها، شامل پوترسین، اسپرمیدین و اسپرمین یک گروه از مواد تنظیم‌کننده رشد گیاهی هستند که تاثیراتی مانند افزایش تقسیم سلولی، بیوسنتز آنزیم‌ها، تنظیم کردن مراحل نموی مختلف مانند تمایزیابی و گلدهی را بر عهده دارند (Martin-Tanguy, 2001). نتایج تحقیقات گذشته نشان داد تیمار پوترسین بر گل شاخه بریده آلسترومریا قبل و بعد از برداشت باعث افزایش عمر پس از برداشت و حفظ کیفیت نسبت به شاهد آزمایش شد (Soleimany *et al.*, 2014). همچنین نتایج تحقیقی نشان داد کاربرد پوترسین باعث تغییراتی در ویژگی‌هایی مانند بهبود محتوای رنگدانه‌های نورساختی در گل شاخه بریده داوودی شد (Kandil *et al.*, 2011). همینطور در تحقیقی دیگر گزارش شد که اعمال تیمار برگی پوترسین بر گل کوکب، افزایش رشد، گلدهی و ویژگی‌های فتوسنتزی را به دنبال داشته است (Mahgub *et al.*, 2011).

گلدهی کنترل شده در زمان مناسب عاملی در جهت بهبود کشت و کار گیاهان زینتی است. از مهم‌ترین تنظیم‌کننده‌های رشد درون‌زای گیاهی که در کنترل خواب و رکود گیاه نقش دارند می‌توان به جیبرلین‌ها اشاره نمود. جیبرلین یک نوع تنظیم‌کننده رشد گیاهی می‌باشد که باعث تحریک واکنش‌های فیزیولوژیکی در گیاهان از طریق تاثیر بر فتوسنتز می‌شود (Iqbal *et al.*, 2011). اسید جیبرلیک در برخی از فرایندهای فیزیولوژیکی گیاه وارد شده و موجب اثرات مطلوبی از جمله تحریک تقسیم سلولی، طویل شدن سلول، گل-انگیزی، افزایش ارتفاع ساقه، همزمانی گلدهی و کوتاه کردن دوره گلدهی می‌شود (Brooking and Cohen, 2002). از طرفی، اسید جیبرلیک‌ها با تحریک فعالیت برخی از آنزیم‌های پروتئاز، باعث تبدیل پروتئین‌ها به اسید آمینه‌هایی مانند تریپتوفان می‌شوند که پیش نیاز اکسین است. بنابراین، اسید جیبرلیک‌ها برخی از تأثیرات خود را به طور غیر مستقیم از طریق خصوصیات اکسین نیز اعمال می‌کنند (Salehi *et al.*, 2014). بررسی‌های پیشین نشان داده که اسید جیبرلیک در غلظت ۱۲۵ میلی‌گرم در لیتر سبب برطرف کردن خفتگی و زود جوانه‌زنی در گلایول می‌شود (Bhujbal *et al.*, 2014). همچنین تاثیر دمای پایین و اسید جیبرلیک بر کیفیت گل‌های به دست آمده از سوخ‌های تیمار شده نرگس مشخص کرد که غلظت ۶۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید جیبرلیک تاثیر معنی‌داری بر کیفیت برگ، ساقه و زمان گلدهی آن داشت (Hassanpour Asil *et al.*, 2008). همینطور نتایج تحقیقات قبلی نشان داد که اسید جیبرلیک با غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر موجب تغییراتی مانند افزایش طول سنبله، تعداد گلچه و تاثیر بر برخی صفات رویشی مانند افزایش شمار برگ، طول برگ و عرض برگ در گل مریم شد (Rani and Singh, 2013).

با توجه به اثرات مفید اسید جیبرلیک و پوترسین و با توجه به اینکه سوسن یکی از گیاهان با ارزش شاخه‌بریدنی است که افزایش کیفیت و عمر گلجای آن باعث افزایش بازارپسندی این گل می‌شود، آزمایش حاضر، با هدف مطالعه اثر اسید جیبرلیک و پوترسین بر ویژگی‌های فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی گل شاخه بریده سوسن هیبرید OT رقم 'Lesotho' اجرا شد، تا بهترین سطح غلظت به کار گرفته شده و میزان تاثیرگذاری آن در این گل شاخه بریده با ارزش تعیین شود.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی و تیمارها

این پژوهش در پاییز و زمستان سال ۱۳۹۸ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده علوم کشاورزی دانشگاه گیلان انجام شد. پیاز سوسن Oriental×Trumpet رقم 'Lesotho' از شرکت Onings Holland هلند به نمایندگی شرکت ساعی گل تهران تهیه شد و به گلخانه منتقل گردید. بستر کشت حاوی خاک برگ پوسیده، ماسه و پرلیت به

نسبت حجمی ۱:۱:۱ بود که با قارچ‌کش بنومیل با غلظت ۲ میلی‌گرم در لیتر ضدعفونی گردید. در این تحقیق از گلدان‌های ۴ لیتری استفاده شد و برخی از ویژگی‌های مخلوط خاکی مورد آزمایش در جدول ۱ آمده است.

جدول ۱- برخی از ویژگی‌های مخلوط خاک گلدان مورد آزمایش

Table 1- Some characteristics of tested soil mixture

EC (dS/m)	pH	Calcium (mgL^{-1})	Potassium ($mg.L^{-1}$)	Phosphorus ($mg.L^{-1}$)	Nitrogen (%)
1.8	6.43	528	329	35	0.21

به منظور تهیه غلظت‌های اسید جیبرلیک که شامل صفر (شاهد)، ۱۵۰، ۳۰۰ و ۴۵۰ میلی‌گرم در لیتر بود به ترتیب ۰/۱۵، ۰/۳۰ و ۰/۴۵ گرم اسید جیبرلیک (مرک آلمان) با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین و در چند قطره محلول KOH یک نرمال حل شد (Mashahiri and Hassanpour Asil, 2018). پیازها به صورت غوطه‌وری به مدت ۲۴ ساعت تحت این تیمارها قرار گرفتند. سپس پیازهای تیمار شده، با فاصله ۴ سانتی‌متری نوک پیاز با سطح خاک کشت شدند. این تیمار شامل غلظت‌های صفر (شاهد)، ۰/۵، ۱ و ۲ میلی‌مولار پوترسین به وسیله حل کردن ۰/۱۷۶۳ گرم از این ماده در مقدار بسیار کمی اتانول و آب مقطر (۲۰ میلی‌لیتر اتانول+ ۸۰ میلی‌لیتر آب مقطر) آماده شد و به ترتیب به میزان ۱۰، ۲۰ و ۴۰ میلی‌لیتر از این محلول با آب مقطر به حجم ۴۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد. محلول تهیه شده از مرحله آغاز غنچه‌دهی و هر دو هفته یک بار روی گیاهان مورد نظر اسپری شد و تا زمان شکوفایی اولین غنچه ادامه داشت (Ataii *et al.*, 2017).

برای تامین شرایط دمایی گلخانه از سیستم خنک کننده کولر گازی استفاده شد ولی در دو هفته اولیه کشت پیازها، دما در حد ۱۲ درجه سانتی‌گراد تنظیم شد تا ریشه‌دهی پیازها صورت گیرد. سپس دمای گلخانه در ۲±۲۰ درجه سانتی‌گراد در طول روز و ۲±۱۸ درجه سانتی‌گراد در طول شب حفظ شد (Nabavi Mohajer *et al.*, 2018). همچنین برای تامین نور مورد نیاز، ۴ عدد لامپ سدیمی فشار قوی ۴۰۰ وات، با شدت ۵۰ میکرومول بر مترمربع بر ثانیه در فاصله ۱/۵ متری گیاهان نصب شد که به صورت زمانبندی و به میزان ۱۱ ساعت روشنایی، از ساعت ۷ صبح الی ۱۸ عصر اعمال شد (Nabavi Mohajer *et al.*, 2018). رطوبت نسبی گلخانه ۵±۷۰ درصد بود. آبیاری برای گیاهان به صورت دستی و با مشاهده خشک شدن سطح خاک انجام شد. در دوره رشد رویشی از محلول NPK (۲۰:۲۰:۲۰) جهت تغذیه گیاهان در دو نوبت و با غلظت یک گرم در لیتر و به میزان ۴۰۰ میلی‌لیتر برای هر واحد آزمایشی (گلدان) استفاده گردید (Martin-Tanguy, 2001).

شاخص‌های مورد ارزیابی

صفات مورفولوژیک: اندازه‌گیری صفات در انتهای آزمایش (۶ ماه پس از کشت پیازها) با تکمیل شدن رشد رویشی گیاهان انجام شد. تعداد غنچه‌ها شمارش شده و ارتفاع ساقه گلدهنده به وسیله متر اندازه‌گیری شد. در پایان آزمایش و در زمان رنگ‌گیری کامل غنچه-ها، شاخه‌ها به ارتفاع ۴۰ سانتی‌متر از زیر دمگل قطع شدند و جهت بررسی باقی صفات، به آزمایشگاه گروه علوم باغبانی منتقل شدند. بعد از توزین با ترازوی دقیق و ثبت وزن اولیه، هر شاخه گل در ارلن‌های ۱ لیتری که حاوی ۸۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر بود قرار گرفت و داخل اتاقک مخصوص که برای این کار طراحی و آماده شده بود قرار گرفت. دمای اتاقک ۲±۱۸ درجه سانتی‌گراد و نور فلورسانت با شدت ۵۰ میکرومول بر متر مربع بر ثانیه تنظیم گردید.

عمر گلجای گل‌های شاخه بریده براساس روش فرناندو و همکاران (۱۹۹۹) اندازه‌گیری شد، بدین منظور گل‌ها روزانه با استفاده از ارزیابی مشاهده‌ای پلاسیدگی گلبرگ‌ها، تغییر رنگ گلبرگ، ریزش گلبرگ، خم شدن گردن گل‌ها و پژمردگی گل‌ها ارزیابی شدند و بر حسب روز بیان شد (Fernando *et al.*, 1999).

صفات فیزیولوژیک: جهت اندازه‌گیری محتوای آبی ساقه گلدهنده بعد از پایان عمر گلجای، ابتدا ساقه‌های گلدهنده توسط ترازوی دقیق دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین شده و سپس به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و سپس وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری شد و در نتیجه محتوای آبی ساقه گلدهنده توسط رابطه زیر بیان شد (Otsubo and Iwaya-Inole, 2000).

رابطه (۱) $[m_w - m_d/m_w]$ =محتوای آبی ساقه گلدهنده

m_w = وزن تر نمونه گیاهی و m_d= وزن خشک نمونه گیاهی

به منظور سنجش درصد پایداری غشاء سلولی یک گرم گلبرگ قطعه قطعه شده به همراه ۱۰ میلی لیتر آب مقطر درون لوله آزمایش ریخته شده و نمونه‌ها به مدت ۱ ساعت در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد بن‌ماری قرار گرفتند و پس از خروج نمونه‌ها میزان EC_1 قرائت شد و سپس نمونه‌ها درون اتوکلاو با دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد و فشار ۱/۲ اتمسفر به مدت ۲۰ دقیقه قرار گرفتند و پس از خروج مجدداً EC_2 قرائت شد و در نهایت برای محاسبه از رابطه زیر استفاده گردید (Singh *et al.*, 2008):

$[1-(EC_1/EC_2)]\times100$ = (درصد) شاخص پایداری غشاء سلول
رابطه (۲)

به منظور محاسبه وزن تر نسبی گل شاخه بریده ابتدا وزن اولیه (روز صفر) هر شاخه گل به وسیله ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. پس از آن وزن گل‌ها در روزهای سوم، پنجم و هفتم اندازه‌گیری شد و در نتیجه وزن تر نسبی توسط رابطه زیر بیان شد (Chamani *et al.*, 2012).

رابطه (۳) وزن تر نسبی $=[(W_n/W_0)]\times100$

W_n: وزن تر در روزهای مورد نظر

میزان جذب آب توسط گل شاخه بریده در روزهای سوم، پنج و هفتم ثبت و در نهایت با استفاده از رابطه زیر محاسبه و بر حسب میلی‌لیتر بر گرم وزن‌تر بیان شد (Chamani *et al.*, 2012).

رابطه (۴) میزان جذب آب $= (S_{t-1}-S_t)/W_{t=0}$

S_t=وزن آب در روزهای ۳، ۵ و ۷ ، S_{t-1}=وزن آب در روز قبل و $W_{t=0}$=وزن تر شاخه گل در روز صفر

صفات بیوشیمیایی: برای سنجش میزان کلروفیل‌های a، b و کل و کاروتنوئید نیز، از روش لیچتنتالر (Lichtenthaler) استفاده شد و غلظت رنگیزه‌های برگ و گلبرگ از رابطه‌های زیر بر حسب میلی‌گرم بر میلی‌لیتر عصاره گیاهی تعیین و سپس نتایج بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر بافت نمونه محاسبه و ارائه گردید (Lichtenthaler, 1987).

رابطه (۵) $Chl.a=12.5A_{663.2}-2.79\ A_{646.8}$

رابطه (۶) $Chl.b=21.5A_{646.8}-5.1A_{663.2}$

رابطه (۷) $TChl= Chl.a+ Chl.b$

رابطه (۸) $Car= (1000A_{470}-1.8\ chl.a-85.2\ chl.b)/198$

$A_{663.2}$= مقدار جذب نور در طول موج nm ۶۶۳/۲

$A_{646.8}$= مقدار جذب نور در طول موج nm ۶۴۶/۸

A_{470}= مقدار جذب نور در طول موج nm ۴۷۰

اندازه‌گیری مواد جامد محلول کل گلبرگ در روزهای ۱، ۳ و۶ (به ترتیب TSS_1، TSS_2، TSS_3) به وسیله دستگاه رفراکتومتر (DRC 200) انجام شد. در این روش قطعاتی از گلبرگ هر نمونه تهیه شده و قطره‌ای از عصاره آن بر روی منشور دستگاه قرار گرفت و عدد مربوطه جهت تعیین میزان مواد جامد محلول گلبرگ که بر حسب درصد بیان می‌شود، قرائت شد (Taheri-Shiva *et al.*, 2014).

تجزیه و تحلیل آماری: آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملا تصادفی که شامل ۱۶ تیمار با ۳ تکرار و هر تکرار شامل ۲ گلدان که در مجموع ۹۶ گلدان (واحد آزمایشی) بود اجرا شد. تجزیه واریانس با نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین با آزمون LSD در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

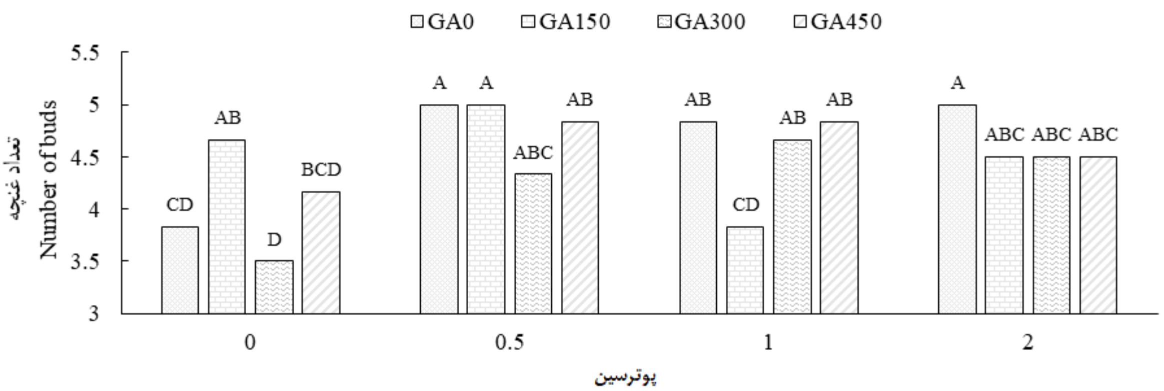
صفات مورفولوژیک

تعداد غنچه

بررسی نتایج نشان داد که اثر متقابل اسید جیبرلیک و پوترسین در سطح احتمال ۱ درصد باعث اختلاف معنی‌داری در تعداد غنچه شد. همچنین بررسی مقایسه میانگین داده‌ها (شکل ۱) نشان داد کاربرد پوترسین در تمام سطوح باعث افزایش تعداد غنچه‌ها شد اما از طرفی دیگر کابرد اسید جیبرلیک در سطح ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر از این افزایش جلوگیری نمود به گونه‌ای که کمترین میزان تعداد غنچه متعلق به تیمارهای ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید جیبرلیک و سطح شاهد پوترسین بود. در نتایج تحقیقات گذشته گزارش شده است که کاربرد برگی پوترسین، ویژگی‌های رویشی و زایشی گل شاخه بریده گلایول از جمله ارتفاع گل آذین، شمار گلچه‌ها، محتوای سبزینه و کاروتنوئید را بهبود بخشید (Nahed *et al.*, 2009). همچنین نتایج تحقیقات گذشته نیز نشان داد که انتقال پلی‌آمین‌ها از برگ به جوانه-های انتهایی و جانبی، حاکی از آنست که این ترکیبات به عنوان بخشی از مکانیسم سیگنال‌های گلدهی و تبدیل جوانه‌های رویشی به زایشی عمل می‌کنند (Esna-ashari and Zokaee khosroshahi, 2008). از این رو به نظر می‌رسد علت موثر بودن پلی‌آمین پوترسین و افزایش بیشتر بیوسنتز آن در گیاه در نتیجه کاربرد خارجی پوترسین باشد.

طول ساقه گلدهنده

بر اساس نتایج به دست آمده، کاربرد اسید جیبرلیک باعث ایجاد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد نسبت به شاهد شد. همچنین با بررسی مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۲) مشخص می‌شود کاربرد اسید جیبرلیک در تمام سطوح مورد استفاده در آزمایش باعث افزایش طول ساقه گلدهنده گردید و بیشترین طول ساقه گلدهنده (۹۹/۷۵ سانتی‌متر) مربوط به غلظت ۴۵۰ میلی‌گرم در لیتر بود. در حالی که کمترین طول ساقه گلدهنده با اختلاف ۷ سانتی‌متر مربوط به شاهد بود. نتایج تحقیقات گذشته نیز نشان داد که اسید جیبرلیک در غلظت‌های مختلف سبب تسریع رشد، بهبود عملکرد و افزایش ارتفاع گیاه در گلایول شد (Sarkar *et al.*, 2014). ضمناً نقش مثبت جیبرلین‌ها در جوانه‌زنی و توسعه برگ، ساقه و گل در مطالعات قبلی شناخته شده است (Yamaguchi, 2008). همچنین جیبرلین‌ها در افزایش تقسیم و طویل شدن سلول‌ها نقش دارند و از این رو باعث افزایش رشد گیاهان می‌شوند (Iqbal *et al.*, 2011).



شکل ۱- اثر متقابل غلظت‌های مختلف اسید جیبرلیک× پوترسین بر تعداد غنچه گل سوسن رقم 'لزوتو'

Figure 1- Interaction effects of different concentrations of gibberellic acid×putrescine on number of buds of Lilium cv. 'Lesotho' (LSD, $p\leq0.05$)

جدول ۲- اثرات ساده اسید جیبرلیک و پوترسین بر صفات مورفولوژیک گل شاخه بریده گل سوسن رقم 'لزوتو'

Table 2– The simple effects of gibberellic acid and putrescine treatments on morphological traits of Lilium cv. 'Lesotho'

تیمارها Treatments	غلظت‌ها Concentrations	تعداد غنچه Number of buds	طول ساقه گلدهنده Flower stem length (cm)	عمرگلجای Vase life
اسید جیبرلیک Gibberellic acid (mg.L^{-1})	0	a	92.92 b	9.83 b
	150	a	98.75 a	10.17 b
	300	a	97.25 a	11.58 a
	450	a	99.75 a	10.17 b
پوترسین Putrescine (mM)	0	4.04 b	A	9.33 c
	0.5	4.79 a	A	10.67 ab
	1	4.54 a	A	10.17 bc
	2	4.62 a	A	11.58 a

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر صفت، در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون LSD دارای تفاوت معنی داری نیستند.

Means with the same letters are not significantly different at 5% of probability level using LSD test.

عمر گلجای

نتایج نشان داد که اثر اصلی اسید جیبرلیک در سطح احتمال ۵ درصد و اثر اصلی پوترسین در سطح احتمال ۱ درصد بر عمر گلجای گل شاخه بریده سوسن تاثیر معنی‌داری داشت. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۲) نشان داد با کاربرد اسید جیبرلیک در غلظت ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر و پوترسین در غلظت ۲ میلی‌مولار عمر گلجای افزایش معنی‌داری نسبت به شاهد نشان داد. بیشترین عمر گلجای (۱۵ روز) را تیمار ۳۰۰ میلی‌گرم در لیتر اسید جیبرلیک و ۲ میلی‌مولار پوترسین نشان داد. در پیازهای تیمار شده با اسید جیبرلیک، به دلیل جوانه زنی سریع و در دسترس بودن منابع ذخیره‌ای (به دلیل هیدرولیز ذخایر هیدروکربنی توسط اسید جیبرلیک) توسعه گل بهتر صورت گرفت و مواد فتوسنتزی بیشتری جذب گل گردید. از آنجا که رقابت برای جذب مواد در بین اندام‌ها وجود دارد، گل‌ها در این رقابت موفق‌تر عمل نموده و همین امر سبب افزایش و بالا رفتن کیفیت گل می‌شود. اسید جیبرلیک که باعث اسیدی کردن شیره سلولی می‌گردد مانع از تجزیه پروتئین‌ها و تجمع آمونیوم در حاشیه گلبرگ‌ها شده و با این عمل پیری را به تاخیر انداخت (Mojtahedi and Lesani, 1985). همچنین اسید جیبرلیک پیک تنفسی گیاه را به تاخیر انداخت و ماندگاری گل را افزایش داد (Hassanpour *et al.*, 2008). اسید جیبرلیک به دلیل نقش ساختاری در غشاء کلروپلاست، می‌تواند تجزیه و از بین رفتن کلروفیل را طی فرایند پیری کاهش دهد (Mojtahedi and Lesani, 1985). همینطور نتایج بررسی‌های گذشته نشان داد استفاده از پلی آمین‌ها پیش از برداشت باعث افزایش عمر گلجای در گل رز شاخه بریدنی رقم رد برلین شده است که با نتایج حاضر همخوانی دارد (Rubinowska *et al.*, 2012). پلی‌آمین‌ها می‌توانند پیری را به وسیله جلوگیری از تولید اتیلن به تاخیر اندازند و همچنین با جلوگیری از پراکسیداسیون چربی‌ها اثر خود را به عنوان مسئول ضد پیری اعمال کنند (Borrell *et al.*, 1997).

صفات فیزیولوژیک

محتوای آبی ساقه گلدهنده

در اندازه‌گیری میزان محتوای آبی ساقه گلدهنده مشاهده شد اثرات ساده اسید جیبرلیک و پوترسین در سطح احتمال ۱ درصد در میزان محتوای آبی ساقه گلدهنده تاثیر معنی‌داری داشتند. همچنین بررسی نتیجه مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۳) نشان داد که در کاربرد اسید جیبرلیک و پوترسین، غلظت‌های اسید جیبرلیک در سطح ۴۵۰ میلی‌گرم در لیتر باعث افزایش و تیمار پوترسین در سطح ۲ میلی‌مولار سبب کاهش محتوای آبی ساقه شد اما هیچ تفاوت معنا داری بین باقی سطوح در هر دو تیمار مشاهده نشد. بیشترین محتوای آبی ساقه گلدهنده (۰/۸۱) مربوط به غلظت ۴۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید جیبرلیک است. افزایش قندهای احیاء شده در ساقه گلدهنده باعث افزایش پتانسیل اسمزی شده و توانایی آن‌ها را در جذب آب و در نتیجه حفظ آماس سلولی افزایش داد و باعث افزایش محتوای آبی گل و تاخیر در پلاسیده شدن گلبرگ و نیز کاهش درصد نشت یونی سلول‌ها گردید (Emongor, 2004). همچنین افزایش محتوای نسبی آب در گیاه توسط پوترسین می‌تواند به دلیل پلی‌آمین‌ها باشد که سبب افزایش نفوذپذیری غشاء نسبت به کلسیم شده و میزان آن را در گیاه افزایش می‌دهند. ضمناً این افزایش کلسیم باعث غیرفعال کردن ورود یک سویه پتاسیم از غشاء شده و همین امر سبب تحریک بسته‌شدن روزنه‌ها و در پی آن کاهش از دست رفتن آب گیاه می‌شود و در نتیجه محتوای نسبی آب گیاه افزایش می‌یابد (Rubinowska *et al.*, 2012).

جدول ۳- اثرات ساده اسید جیبرلیک و پوترسین بر صفات فیزیولوژیک گل سوسن رقم 'لزوتو'

Table 3- The simple effects of gibberellic acid and putrescine treatments on physiological traits of Lilium cv. 'Lesotho'

تیمارها Treatments	غلظت‌ها Concentrations	محتوای آبی ساقه گلدهنده Flower stem water content	وزن تر گل شاخه بریده Cut flower fresh weight (g)	پایداری غشاء سلولیگلبرگ Cell membrane stability or petal (%)	وزن تر نسبی گل شاخه بریده Relative fresh weight of cut flower (%)			میزان جذب آب گل شاخه بریده Relative water uptake of cut flower ($ml.g^{-1}$ FW)		
					روز سوم 3rd day	روز پنجم 5th day	روز هفتم 7th day	روز سوم 3rd day	روز پنجم 5th day	روز هفتم 7th day
اسید جیبرلیک Gibberellic acid ($mg.L^{-1}$)	0	0.79 b	131.42 b	69.73 b	85.77 b	82.90 b	73.86 c	1.80 c	1.05 c	0.92 c
	150	0.79 b	141.67 ab	75.13 a	89.37 b	93.41 a	81.94 ab	1.83 bc	1.11 bc	1.17 b
	300	0.80 b	133.17 b	71.68 ab	91.79 ab	87.82 ab	77.51 bc	2.01 a	1.26 ab	1.32 b
	450	0.81 a	144.42 a	72.93 ab	97.19 a	95.71 a	85.29 a	1.99 ab	1.38 a	1.92 a
پوترسین Putrescine (mM)	0	0.78 b	122.0 b	70.01 b	83.16 b	80.96 b	72.47 c	1.28 d	0.95 c	1.09 b
	0.5	0.79 a	141.83 a	70.62 b	91.62 a	83.33 b	76.27 bc	1.69 c	1.12 b	1.35 a
	1	0.80 a	141.67 a	73.13 ab	92.99 a	94.98 a	82.46 ab	2.18 b	1.34 a	1.46 a
	2	0.80 a	145.47 a	75.71 a	96.37 a	100.58 a	87.41 a	2.47 a	1.38 a	1.43 a

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر صفت، در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون LSD دارای تفاوت معنی داری نیستند.

Means with the same letters are not significantly different at 5% of probability level using LSD test

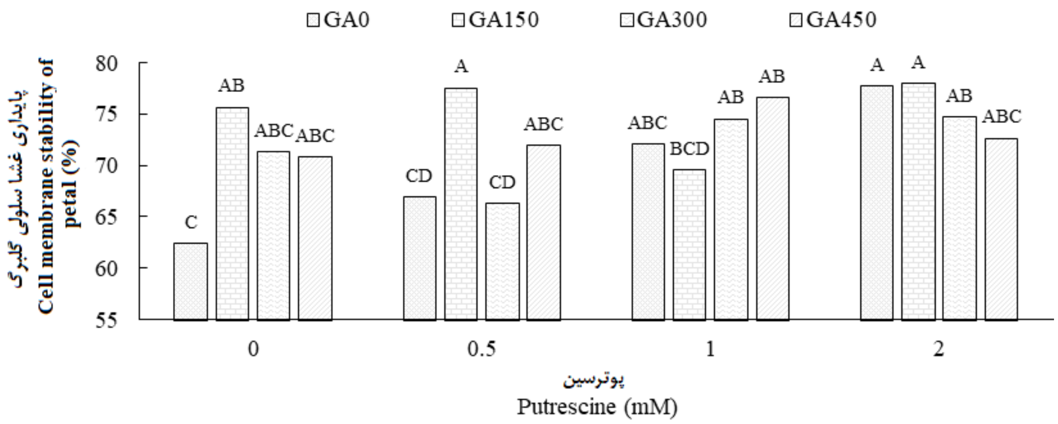
وزن‌تر گل شاخه بریده

بررسی نتایج نشان داد که اثر متقابل اسید جیبرلیک و پوترسین تاثیر معنی‌داری بر وزن‌تر گل شاخه بریده نداشت اما اثر اصلی پوترسین در سطح احتمالی ۱ درصد و اثر اصلی اسید جیبرلیک در سطح احتمالی ۵ درصد تاثیر معنی‌داری روی این صفت داشت. بررسی مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۳) نشان داد تیمار اسید جیبرلیک در تمامی سطوح باعث افزایش میزان وزن تر گل شاخه بریده گردید به‌طوری که بیشترین تاثیر (با ۱۳ گرم اختلاف میانگین نسبت به شاهد) متعلق به سطح تیمار ۴۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید جیبرلیک بود. همچنین بررسی مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۳) نشان داد تمام سطوح پوترسین باعث افزایش وزن‌تر گل شاخه بریده نسبت به شاهد شد، به گونه ای که کمترین میزان وزن‌تر گل شاخه بریده (۱۲۲ گرم) متعلق به سطح صفر پوترسین و بیشترین میزان وزن‌تر گل شاخه بریده (۱۴۵ گرم) متعلق به سطح تیمار ۲ میلی‌مولار پوترسین

می‌باشد. گزارش شده است که افزایش وزن تر گیاه ممکن است به علت تجمع ترکیبات متعددی باشد که نقش مثبتی را در تشکیل و تقسیم شدن سلول‌ها ایفا کرده و منجر به افزایش وزن‌تر گیاهان می‌شوند (El-Nagar *et al.*, 2009). نتایج حاضر با نتایج محققان در بررسی اسید جیبرلیک بر گل مریم (Chang *et al.*, 2006) و گل میخک (Ramesh *et al.*, 2002) همخوانی دارد. همچنین این نتایج با بررسی تحقیقات گذشته که عنوان کردند تیمار پلی‌آمین‌ها در گل شاخه بریده رز منجر به افزایش وزن‌تر می‌شود مطابقت داشته است (Farahi *et al.*, 2013). دلایل این نتایج را می‌توان دخالت داشتن پلی‌آمین‌ها در دامنه وسیعی از فرایندهای بیولوژیکی از قبیل رشد و نمو، تقسیم سلولی و تمایزیابی عنوان نمود (Dastyari and Hoseini Fari, 2014).

پایداری غشاء سلولی گلبرگ

نتایج نشان داد که اثر متقابل اسید جیبرلیک و پوترسین در سطح احتمالی ۵ درصد باعث ایجاد اختلاف معنی‌دار در درصد پایداری غشاء سلولی گلبرگ شده است. همچنین مقایسه میانگین داده‌ها (شکل ۲) نشان داد استفاده از اسید جیبرلیک و پوترسین به صورت توأم در سطوح پایین‌تر باعث افزایش پایداری غشاء سلولی گلبرگ نسبت به شاهد شد. غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید جیبرلیک و ۲ میلی‌مولار پوترسین بیشترین میزان میانگین درصد پایداری غشاء را داشت. نتایج تحقیقات گذشته نشان داد که جیبرلیک فعالیت پروتئاز را کاهش می‌دهد و از این طریق از تجزیه پروتئین‌ها جلوگیری می‌کند. به علاوه موجب جلوگیری از افزایش pH سلولی، حفظ سیالیت غشای سلول و جلوگیری از نشت یون‌ها و در کل به تاخیر انداختن پیری می‌گردد که با نتایج حاضر مطابقت دارد (Eason, 2002). همچنین پلی‌آمین‌ها می‌توانند مقاومت غشاء سلولی را به وسیله حذف رادیکال‌های آزاد و حفظ غشاءهای یاخته‌ای در برابر اکسید شدن افزایش دهند. تیمار پلی‌آمین می‌تواند باعث افزایش سطح پلی‌آمین‌های درونی و در نتیجه پایداری غشا شود که با نتایج این تحقیق همسو می‌باشد (Liu *et al.*, 2007).



شکل ۲- اثر متقابل غلظت‌های مختلف اسید جیبرلیک× پوترسین بر پایداری غشاء سلولی گلبرگ در گل سوسن رقم 'لزوتو'

Figure 2- The iteraction effect of different concentrations of gibberellic acid×putrescine on cell membrane stability of petal in Lilium cv. 'Lesotho' (LSD, p≤0.05)

وزن تر نسبی گل شاخه بریده

با ارزیابی وزن‌تر نسبی گل شاخه بریده اثر اصلی پوترسین موجب اختلاف معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد در روزهای سوم، پنجم و هفتم شد. همینطور بررسی مقایسات میانگین داده‌ها (جدول ۳) نشان داد که تاثیر تمام سطوح تیماری اسید جیبرلیک و پوترسین بر وزن‌تر نسبی گل شاخه بریده باعث افزایش میزان این صفت شد. بیشترین میزان داده در این صفت برای روزهای سوم، پنجم و هفتم به ترتیب ۱۰۷/۱۹۷، ۱۱۰/۷۸۷ و ۱۰۳/۸۰۲ درصد مربوط به سطح تیماری ۴۵۰ میلی‌گرم در لیتر و ۲ میلی‌مولار پوترسین بود در حالی که کمترین داده ۵۹/۲۹۱، ۳۳/۰۹۷ و ۵۰/۹۸۶ درصد مربوط به شاهد بود. بررسی‌ها نشان داده که جیبرلین‌ها با هیدرولیز کربوهیدرات‌های پیچیده به قندهای ساده موجب ایجاد پتانسیل آب منفی در سلول‌ها می‌گردند. در نتیجه این پتانسیل منفی، آب بیشتری وارد سلول می‌شود که موجب انبساط سلولی شده و محتوای آب سلول را افزایش می‌دهد. بنابراین جیبرلین‌ها موجب جذب آب بیشتر و در نتیجه افزایش وزن تر نسبی گل‌های شاخه بریدنی سوسن شد (Mutui *et al.*, 2003; Mutui *et al.*, 2006). نتایج تحقیقات گذشته نیز نشان داد کاربرد ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر پوترسین در گل‌های گلایول سبب افزایش وزن تر شد و به دنبال آن سبب تورژسانس، شادابی و ماندگاری بیشتر گلبرگ‌ها در گیاه گردید که با نتایج حاضر همخوانی

دارد (Nahed *et al.*, 2009).

میزان جذب آب گل شاخه بریده

نتایج نشان داد که اثر اصلی اسید جیبرلیک در سطح احتمالی ۵ درصد و اثر اصلی پوترسین در سطح احتمال ۱ درصد باعث ایجاد اختلاف معنی‌دار در میزان جذب آب گل شاخه بریده در روزهای سوم، پنجم و هفتم شد. همچنین بررسی مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۳) نشان داد که استفاده از اسید جیبرلیک و پوترسین در تمامی سطوح باعث افزایش میزان جذب آب گردید. بیشترین تاثیر و میزان (۲/۴۷ میلی‌لیتر بر گرم وزن‌تر نمونه) در روز سوم برداشت متعلق به بالاترین سطوح در هر دو تیمار بود. همانطور که اشاره شد جیبرلین‌ها با هیدرولیز کربوهیدرات‌های پیچیده به قندهای ساده موجب ایجاد پتانسیل آب منفی در سلول‌ها می‌گردند که افزایش جذب آب را در پی دارند. نتایج این پژوهش نیز نشان داد که غلظت‌های مختلف اسید جیبرلیک میانگین میزان جذب آب را بهبود دادند (Mutui *et al.*, 2003; Mutui *et al.*, 2006). همچنین این اثر می‌تواند به دلیل تقویت روابط آبی، جلوگیری از انسداد عروق ناشی از اثر ضد میکروبی و اثر ضد اتیلنی پوترسین باشد که باعث کاهش سرعت تنفس گل‌های شاخه بریده و درصد ماده خشک گردید (Mohammadi *et al.*, 2014).

صفات بیوشیمیایی

کلروفیل برگ

نتایج نشان داد اثرات اصلی اسید جیبرلیک و پوترسین در سطح احتمال ۱ درصد باعث ایجاد اختلاف معنی‌دار در میزان کلروفیل‌های a، b و کل برگ شدند. همچنین نتایج مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۴) نشان داد که استفاده از اسید جیبرلیک و پوترسین در تمامی سطوح باعث افزایش میزان کلروفیل a، b و کل برگ نسبت به شاهد گردید. اما فقط میزان کلروفیل‌های a، b و کل در سطوح ۱۵۰ و ۴۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید جیبرلیک و غلظت‌های ۱ و ۲ میلی‌مولار پوترسین در تمام موارد تفاوت معنی‌داری نسبت به شاهد داشتند. بیشترین میزان کلروفیل کل (۰/۵۱۴ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر نمونه) متعلق به تیمار ۲ میلی‌مولار پوترسین و ۴۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید جیبرلیک و کمترین میزان کلروفیل کل (۰/۰۸۵ میلی‌گرم بر گرم وزن‌تر نمونه) متعلق به شاهد بود. این نتایج حاکی از آن است که اسید جیبرلیک با جلوگیری از تحلیل کلروفیل باعث کاهش روند پیری در برگ می‌شود. این نتیجه به دلیل نقش ساختاری جیبرلین در غشاء کلروپلاست و تحریک فتوسنتز است که به وسیله کاهش pH باعث حفظ پروتئین و غشاء یاخته‌ای می‌شود و در نتیجه باعث ماندگاری برگ و متعاقبا ماندگاری گل می‌گردد (Skutnik *et al.*, 2001). همچنین اسید جیبرلیک با حفظ سطح نیتروژن برگ سبب حفظ سبزینه برگ‌ها و به تاخیر انداختن پیری می‌شود (Mutui, 2001).

جدول ۴- اثرات ساده اسید جیبرلیک و پوترسین بر صفات بیوشیمیایی گل سوسن رقم 'لزوتو'

Table 4- The ef simple fects of gibberellic acid and putrescine treatments on biochemical traits of Lilium cv. 'Lesotho'

تیمارها Treatments	غلظت‌ها Concentrations	کلروفیل a Chlorophyll a (mg.g^{-1} FW)	کلروفیل b Chlorophyll b (mg.g^{-1} FW)	کلروفیل کل برگ Total leaf chlorophyll (mg.g^{-1} FW)	کاروتنوئید گلبرگ Petal carotenoid (mg.g^{-1} FW)	مواد جامد محلول کل TSS (%)		
						روز اول TSS_1	روز سوم TSS_2	روز ششم TSS_3
اسید جیبرلیک Gibberellic acid (mg.L^{-1})	0	0.15 c	0.07 c	0.22 c	0.033 c	a	a	a
	150	0.21 b	0.08 bc	0.29 b	0.042 b	a	a	a
	300	0.23 b	0.09 ab	0.32 b	0.041 b	a	a	a
	450	0.29 a	0.10 a	0.39 a	0.052 a	a	a	a
پوترسین Putrescine (mM)	0	0.15 d	0.07 b	0.21 d	0.031 b	6.58 b	5.50 c	4.64 c
	0.5	0.18 c	0.09 a	0.27 c	0.036 b	6.88 ab	6.62 b	6.38 b
	1	0.26 b	0.07 b	0.33 b	0.050 a	7.49 a	7.85 a	7.42 a
	2	0.30 a	0.10 a	0.41 a	0.051 a	6.72 b	6.88 b	7.00a b

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر صفت، در سطح احتمال ۵ درصد با استفاده از آزمون LSD دارای تفاوت معنی داری نیستند.

Means with the same letters are not significantly different at 5% of probability level using LSD test.

پلی‌آمین‌ها نیز در سنتز پروتئین‌ها و متابولیسم ترکیب‌های نیتروژن نقش دارند و گزارش‌هایی در مورد افزایش محتوای سبزینه،

رشد رویشی، فعالیت نورساختی و کنترل پیری برگ در گیاهان به وسیله پلی‌آمین‌ها وجود دارد که با نتایج حاضر همخوانی دارد (Liu *et al.*, 2007).

کاروتنوئید گلبرگ

اثرات اصلی اسید جیبرلیک در سطح احتمالی ۵ درصد و پوترسین در سطح احتمال ۱ درصد باعث ایجاد اختلاف معنی‌دار در میزان کاروتنوئید گلبرگ شدند. همچنین بررسی مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۴) نشان داد که استفاده از اسید جیبرلیک و پوترسین در تمامی سطوح باعث افزایش میزان کاروتنوئید نسبت به شاهد گردید. همینطور در بین سطوح مورد استفاده غلظت ۴۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید جیبرلیک و ۲ میلی‌مولار پوترسین بیشترین تاثیر را در کاروتنوئید گلبرگ داشتند. اما بین غلظت‌های ۱و ۲ میلی‌مولار پوترسین اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. مطالعات انجام شده در زمینه تنظیم کننده‌های رشد مانند GA_3 نشان داد که استفاده از آن‌ها می‌توانـد باعث افزایش میزان رنگدانه‌های غالب مانند کاروتنوئیدها شود که با نتایج حاضر همسو می‌باشد (Salehi *et al.*, 2014). همچنین بررسی‌های گذشته نشان داد که ویژگی‌های رویشی و زایشی گلایول به وسیله استفاده از پوترسین بهبود یافت و همینطور غلظت ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر پوترسین به علاوه تیامین و اسید آسکوربیک باعث افزایش میزان کاروتنوئید گلبرگ نسبت به سطوح شاهد شده است (Nahed *et al.*, 2009).

مواد جامد محلول کل

در اندازه گیری مواد جامد محلول کل اثر اصلی پوترسین در سطح احتمال ۵ درصد موجب اختلاف معنی‌داری در میزان این صفت در روز اول شد. همینطور در میزان مواد جامد محلول روزهای سوم و ششم اثر اصلی پوترسین در سطح احتمال ۱ درصد باعث ایجاد اختلاف معنی‌دار گردید. با توجه به مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۴) مشاهده گردید که میزان مواد جامد محلول کل مورد بررسی در روزهای ۱، ۳ و۶ با کاربرد پوترسین به ترتیب به میزان ۷/۴۹ ، ۷/۸۵ و ۷/۴۲ ٪ در سطح ۱ میلی‌مولار افزایش یافت ولی این میزان در سطح تیماری ۲ میلی‌مولار مجداد کاهش نشان داد و میزان مواد جامد محلول کل کمتر شد. از طرفی استفاده از پوترسین در سطح ۲ میلی‌مولار باعث جلوگیری از کاهش میزان مواد جامد محلول کل طی گذشت زمان شد. درحالی که در شاهد این میزان با گذشت روزهای ۱، ۳ و ۶ با کاهش مواجه گردید. پلی‌آمین‌ها در سنتز قندها و کربوهیدرات‌ها نقش مؤثری دارند. گزارش شده که آن‌ها در گیاهان همچون تنظیم کننده رشد عمل می‌کنند و ممکن است در برخی فرایندهای بیولوژیک دخالت داشته باشند که مرتبط با بیوستز کربوهیدرات‌ها است که با نتایج حاضر همسو می‌باشد (Mahgoub *et al.*, 2011).

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به دست آمده در این پژوهش، کاربرد اسید جیبرلیک و پوترسین بر بیشتر شاخص‌های گلدهی و عمرگلجای گل سوسن هیبرید 'لزوتو' تاثیر مثبتی داشت. کاربرد اسید جیبرلیک و پوترسین به صورت توام باعث افزایش تعداد غنچه‌ها و بهبود میزان درصد پایداری غشاء سلولی گشت. همچنین کاربرد اسید جیبرلیک باعث افزایش طول ساقه گلدهنده شد. استفاده از پوترسین و اسید جیبرلیک باعث بهبود شرایط گلجای گل شاخه بریده سوسن به وسیله افزایش میزان جذب آب و در پی آن افزایش وزن‌تر نسبی و در نتیجه افزایش تعداد روز عمر گلجای شد. غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم در لیتر اسید جیبرلیک و ۲ میلی‌مولار پوترسین بیشترین میزان کلروفیل‌های برگ را در پی داشتند. کاربرد اسید جیبرلیک و پوترسین در تمام سطوح باعث افزایش میزان کاروتنوئید شد. همچنین استفاده از پوترسین سبب افزایش میزان کل مواد جامد محلول گردید. در نهایت با در نظر گرفتن نتایج این تحقیق غلظت‌های ۳۰۰ پی‌پی‌ام جیبرلیک اسید و ۲ میلی‌مولار پوترسین به عنوان بهترین نتایج عملکرد، جهت مصرف به تولیدکنندگان گل شاخه بریده سوسن رقم 'لزوتو' توصیه می‌شود.

منابع

1. Abd-Allah A.A.A., Darwish M.A., Helme S.S., Khenizy S.A., and Alm-Eldeen R.E. 2013. Response of Asiatic hybrid lily Orange Tycoon cut flowering stems to some pulsing and holding solutions, storage temperature and their interactions. Journal of Horticulture Science Ornaments Plant 5(3): 202-217.
2. Akbarian M.M., Heidari Sharifabad H., Noormohammadi G., and Darvish Kojouri F. 2012. The effect of potassium, zinc and iron foliar application on the production of saffron (*Crocus sativa*). Annals of Biological Research 3(12): 5651-5958.
3. Ataii D., Naderi R., and Khandan-Mirkohi A. 2017. Impact of preharvest putrescine treatment on quantitative, qualitative traits and postharvest vase life of Lisianthus (*Eustoma grandiflorum* cv. Miarichi Grand white) cut flowers. Iranian Journal of Horticultural Sciences 48(2): 229-242. (In Persian with English abstract)
4. Banba H. 1968. Pigments of lily flowers. II Survey of carotenoid. Journal of the Japanese Society for Horticultural Science 37(4): 368-378.
5. Benschop M., le Nard M., Okubo H., and De Hertogh A. 2010. The global flower bulb industry: Production,

utilization, research. Horticultural Reviews 36:1–115

6. Bhujbal G.B., Chavan N.G., and Mehetre S.S. 2014. Importance of growth regulators and cold storage treatments for breaking of gladiolus (*Gladiolus grandiflorus* L.) corm dormancy. The Bioscan 9(2): 501-505.
7. Borrell A., Carbonell L., Farras R., Puig-Parellada P., and Tiburcio A.F. 1997. Polyamines inhibit lipid peroxidation in senescing oat leaves. Physiologia Plantarum 99(3): 385-390.
8. Brooking I.R., and Cohen D. 2002. Gibberellin-induced flowering in small tubers of Zantedeschia 'Black Magic'. Scientia Horticulturae 95(1-2): 63-73.
9. Chamani E., Esmaeilpour B., Poorbeirami H.Y., Maleki L.H., and Saadati, A. 2012. Investigation the effects of thidiazouron and humic acid on postharvest life of cut *Alstroemeria aurantiflia* cv. 'Konyambe'. Journal of Horticultural Science and Technology 26(2): 147-152. (In Persian with English abstract)
10. Chang S., Tsang C., and Wen S. 2006. Gibberellins in relation to flowering in *Polianthes tuberosa*. Physiology Plant 112(6): 429-432.
11. Dastyari M., and Hoseini Fari M. 2014. Effect of humic acid and putrescine on vegetative characteristics and vase life of rose. Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture 5(20): 241-250. (In Persian with English abstract)
12. Eason J.R. 2002. *Sandersonia aurantica*: An evaluation of postharvest pulsing solution to maximize cut flower quality. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science 30: 273-279.
13. El-Nagar A.H., El-Naggar A.A.M., and Naglaa M.I. 2009. Effect of phosphorus application and gibberellic acid on the growth and flower quality of *Dianthus caryophyllus* L. American-Eurasian Journal of Agriculture and Environment Science 6(4): 400-410.
14. Emongor V.E. 2004. Effect of Gibberellic acid on postharvest quality and vase life of Gerbera cut flowers (*Gerbera jamesonii*). Journal of Agronomy 3: 191-195.
15. Esna–ashari M., and Zokaee khosroshahi M. 2008. Polyamines and Horticultural Science. Publication of Bu-ali Sina University. Hamedan.
16. Farahi M.H., Khalighi A., Kholdbarin B., Akbar-boojar M.M., and Eshghi S. 2013. Morphological responses and vase life of *Rosa hybrida* cv. dolcvitato polyamines spray in hydroponic system. World Applied Sciences Journal 21: 1681-1686.
17. Fernando F., Campanha M.M., Barbosa J.G., and Paulo Fonts C.R. 1999. Influence of ethephon silver thiosulfate and sucrose pulsing bird of paradise vase life. Revista Braslieria de Fisiologia Vegetal 11:119-122.
18. Flora Holland. 2020. Anuual report. from www.royalfloraholland.com.
19. Gill S.S., and Tuteja N. 2010. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. Plant Physiology and Biochemistry 48: 909-930.
20. Hassanpour Asil M., Roein Z., and Rabiei B. 2008. Effects of low temperature and GA_3 on quality of cut flowers of *Narcissus jonquilla, German*. Iranian Journal of Horticultural Science and Technology 9(2): 129-138. (In Persian with English abstract)
21. Iqbal N., Nazar R., Khan M.I.R., Masood A., and Khan N.A. 2011. Role of gibberellins in regulation of source–sink relations under optimal and limiting environmental conditions. Current Science 100(7): 998-1007.
22. Kandil M.M., El-Saady M.B., Mona H.M., Afaf M.H., and Iman M.E. 2011. Effect of putrescine and uniconazole treatments on flower characters and photosynthetic pigments of *Chrysanthemum indicum* L. plant. The Journal of American Science 7(3): 399-408.
23. Lichtenthaler H.K. 1987. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. In Methods in Enzymology 148: 350-382.
24. Liu J.H., Kitashiba H., Wang J., Ban Y., and Moriguchi T. 2007. Polyamines and their ability to provide environmental stress tolerance to plants. Plant Biotechnology 24(1): 117-126.
25. Mahgoub M.H., El-Aziz N.A., and Mazhar A.M.A. 2011. Response of *Dahlia pinnata* L. plant to foliar spray with putrescine and thiamine on growth, flowering and photosynthetic pigments. American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences 10(5): 769-775.
26. Martin-Tanguy J. 2001. Metabolism and function of polyamines in plants. Plant Growth Regulation 34(1): 135-148.
27. Mashahiri Y., and Hassanpour Asil M. 2018. Effects of gibberellic acid and humic acid on some growth characters of Daffodil. Iranian Journal of Horticultural Science, (*Narcissus jonquilla* cv. German). 48(4): 875-886. (In Persian with English abstract)
28. Mohammadi G.A., Salehi Sardoei A., and Shahdadneghad M. 2014. Improvement of the vase life of cut gladiolus flowers by salicylic acid and Putrescine. International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research 2(2): 417-426.
29. Mohammadi Torkashvand A., Tofighi Alikhani T., Kaviani B., and Ghasemnejad M. 2018. Impact of potassium on the yield of lily (*Lilium longifolrum× Asiatic* cv. Termoli) and antioxidant enzymes activity under drought stress. Journal of Plant Process and Function 7(25): 29-38.
30. Mojtahedi M., and Lesani H. 1985. Life of Green Plant. Tehran University Publication. Iran. (In Persian)

31. Mutui T.M., Emongor V.E., and Hutchinson M.J. 2001. Effect of accel on the vase life and postharvest quality of (*Alstroemeria aurantiaca* L.) cut flowers. African Journal Science and Technology 2: 82-88.
32. Mutui T.M., Emongor V.E., and Hutchinson M.J. 2003. Effect of benzyladenine on the vase life and keeping quality of Alstroemeria cut flowers. Journal of Agriculture, Science and Technology 5(1): 91-105.
33. Mutui T.M., Emongor V.E., and Hutchinson M.J. 2006. The effects of gibberellin$_{4+7}$ on the vase life and flower quality of Alstroemeria cut flowers. Plant Growth Regulation 48: 207-214.
34. Nabavi Mohajer Z.S., Hassanpour Asil M., Olfaty J.A., and Khaledian M. 2018. Effect of macro elements concentration on quantitative and qualitative traits of lily cut flower (*Lilium* LA Hybrid Fangio) in soilless culture. Iranian Journal of Horticultural Science 50(1): 47-60. (In Persian with English abstract)
35. Nahed G.A.A., Lobna S.T., and Soad M.I. 2009. Some studies on the effect of putrescine, ascorbic acid and thiamine on growth, flowering and some chemical constituents of gladiolus plants at Nubaria. Ozean Journal of Applied Sciences 2(2): 169-179.
36. Otsubo M., and Iwaya-Inole M. 2000. Trehalose delays senescence in cut gladiolus spikes. Horticultural Science 35: 1107-1110.
37. Ramesh K., Kartar S., and Reddy B. S. 2002. Effect of planting time, photoperiod, GA_3 and pinching on carnation. Journal ornamental Horticulture 5(4): 20-23.
38. Rani P., and Singh P. 2013. Impact of gibberellic acid pretreatment on growth and flowering of tuberose (*Polianthes tuberosa* L.) cv. Prajwal. Journal of Tropical Plant Physiology 5: 33-41.
39. Rubinowska K., Pogroszewska E., and Michalek W. 2012. The effect of polyamines on physiological parameters of post - harvest quality of cut stems of Rosa ‘Red Berlin’. Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus 11: 81-93
40. Salehi S.A., Rahbarian P., and Fallah I.A. 2014. Stimulatory Effect of gibberellic acid and benzyladenine on Growth and Photosynthetic pigments of *Ficus benjamina* L. Plants. International Journal of Advanced Biological and Biomedical Research 2(1): 34-42
41. Santos M.N.D.S., Tolentino M.M., and Mapeli A.M. 2018. Vase life of cut *Lilium pumilum* inflorescences with salicylic acid. Ornamental Horticulture 24(1): 44-49.
42. Sarkar M.A.H., Hossain M.I., Uddin A.F.M.J., Uddin M.A.N., and Sarkar M.D. 2014. Vegetative, floral and yield attributes of gladiolus in response to gibberellic acid and corm size. Scientia Agriculturae 7(3): 142-146.
43. Singh A., Kumar J., and Kumar P. 2008. Effects of plant growth regulators and sucrose on post -harvest physiology, membrane stability and vase life of cut spikes of gladiolus. Plant Growth Regulation 55(3): 221.
44. Skutnik E., Lukaszewska A., Serek M., and Rabiza J. 2001. Effect of growth regulators on postharvest characteristics of *Zantedeschia aethiopica*. Postharvest Biology and Technology 21(2): 241-246.
45. Soleimany-Fard E., Hemmati K., and Khalighi A. 2014. Impact of pre-and post-harvest putrescine applications on water relations and vase life of cut alstroemeria flowers. Advances in Environmental Biology 8(12): 158-166.
46. Taheri-Shiva N., Hatamzade A., Bakhshi D., Rasouli M., and Ghasemnezhad M. 2014. The Effect of gibberellic acid treatment at different stages of inflorescence development on anthocyanin synthesis in *Oriental Hybrid Lily* var. ‘Sorbbone’. Agricultural Communications 2(1): 49-54.
47. Yamaguchi S. 2008. Gibberellin metabolism and its regulation. Annual Review of Plant Biology 59: 225-251.